

УЧЕНЫЕ ЗАПИСКИ КАЗАНСКОГО УНИВЕРСИТЕТА.
СЕРИЯ ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ2016, Т. 158, кн. 2
С. 239–246ISSN 1815-6169 (Print)
ISSN 2500-218X (Online)

УДК 594.141:591.5

**ВЛИЯНИЕ БИОТИЧЕСКИХ НАГРУЗОК
НА СЕРДЦЕБИЕНИЕ БЕЗЗУБКИ
(MOLLUSCA, BIVALVIA, UNIONIDAE, ANODONTINAE)***Е.Д. Шимкович¹, А.П. Стадниченко², Л.Н. Янович²*¹Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань, 420008, Россия²Житомирский государственный университет, г. Житомир, 10008, Украина**Аннотация**

На примере беззубки утиной *Anodonta anatina* (Linnaeus, 1758) исследовано влияние «жаберной беременности», наличия у нее эпиойков – личинок горчака *Rhodeus sericeus amarus* (Bloch, 1782) и эндопаразитов – спороцист и церкарий трематоды *Rhipidocotyle complanata* Dujardin, 1845 – на частоту сердцебиения. Ярко выраженная «жаберная беременность», высокая интенсивность заселения жаберного аппарата этих моллюсков эпиойками, тотальное поражение их гонад паразитами сопровождаются развитием у них брадикардии. На эти же биотические нагрузки, но выраженные в умеренной степени, ответной реакцией является тахикардия – одно из проявлений общего защитно-приспособительного процесса, направленного на поддержание жизнестойкости этих животных на оптимальном для них уровне.

Ключевые слова: *Anodonta anatina*, «жаберная беременность», личинки горчака, трематода *Rhipidocotyle complanata*, сердцебиение

Введение

Частота сердечных сокращений у крупных пресноводных двустворчатых моллюсков (семейство Unionidae) определяется воздействием на них как факторов внешней среды, так и физиологическим статусом особей. Последний в значительной мере зависит от ряда биотических факторов, существенно влияющих на жизненные проявления этих животных. К числу наиболее значимых из них, как было установлено для беззубки утиной *Anodonta anatina* (Linnaeus, 1758), относятся «жаберная беременность», наличие у них эпиойков – личинок горчака *Rhodeus sericeus amarus* (Bloch, 1782), эндопаразитов – партенит (спороцист) и распространительных личинок (церкарий) трематоды *Rhipidocotyle complanata* Dujardin, 1845 [1].

В последние три-четыре десятилетия во многих регионах Восточной Европы гидросеть подверглась существенным негативным изменениям прежде всего вследствие зарегулирования течения ряда крупных рек и появления в их бассейнах многочисленных небольших мелководных водоемов, подверженных депрессивным изменениям. Плотность популяций обитающих в них беззубок на порядок ниже по сравнению с проточными водами, в связи с чем поиски ими половых партнеров часто оказываются безрезультатными, если учесть к тому же

и малоподвижность этих животных. При таких условиях амфимиктическое размножение двустворок становится неэффективным, вследствие чего они переходят к автомиксису. В связи с этим в наши дни в популяциях перловицевых, претерпевающих регрессивные сукцессии, гермафродитизм стал явлением весьма обычным [2–4], тогда как 30 лет назад его считали явлением крайне редким [5].

Постановка задачи

Задачей настоящего исследования было выяснение влияния, оказываемого на частоту сердцебиения самок, самцов и гермафродитных особей *A. anatina*, заражения их эпиойками и паразитами, а на самок и гермафродитов – и «жаберной беременности». Эти беззубки в указанном аспекте до наших дней остались неисследованными. Имеется всего лишь одно сообщение [6] о том, что у *A. anatina*, оказавшихся в условиях обсыхания, сокращение частоты сердечных сокращений у «беременных» самок осуществляется в 1.5 раза интенсивнее в сравнении с самками латентными.

Материал и методы

Материал исследования: 340 экз. беззубки утиной 4–5-летнего возраста, собранных в пойменных водоемах р. Желонь на территории Припятского Полесья (с. Выступовичи, Житомирская обл., Украина) в мае – июне 2012 г. Видовая идентификация беззубок осуществлена по Л.А. Васильевой [7], трематод – по В.И. Здуну [8], Л.Н. Янович и М.М. Пампуре [9]. В лаборатории моллюсков содержали в аквариумах (100 л) при плотности посадки их 1 экз./10 л. Воду заменяли свежей ежесуточно. Продолжительность акклимации к условиям лабораторного содержания в соответствии с современными требованиями [10] составила 15 сут. Ее условия: температура воды – 20–22 °С, pH – 7.3–7.8, оксигенизация – 8.1–8.9 мг O₂/л. Животных регулярно кормили растертым в порошок сухим кормом для рыб.

Частоту сердечных сокращений (уд./мин) устанавливали у фистульных беззубок. Для этого с помощью ножовки в створках их раковин над областью околосердечной сумки осторожно выпиливали отверстие (1.5 × 1.5 см), стараясь при этом не нарушать целостности перикардия. В течение последующих 30 мин таких животных выдерживали в заполненной аквариумной водой (на 15 см) емкостях для стабилизации ритма их сердцебиения. Затем с помощью секундомера устанавливали частоту сердцебиения у каждой особи в трехкратной повторности, а затем вычисляли средний результат для этого показателя.

Наличие «жаберной беременности» и личинок горчака устанавливали визуально при осмотре жаберного аппарата беззубок. Трематодную инвазию выявляли микроскопированием (МБР; 7 × 8 и 7 × 40) временных гистопрепаратов, изготовленных из тканей их гонад. Пол латентных особей выявляли методом мазка [11].

Количественные результаты исследований обработаны методами базовой вариационной статистики по М.П. Деркачу [12].

Табл. 1

Частота сердцебиения (уд./мин) у *A. anatina* (контроль)

Материал	<i>n</i>	lim	$M \pm m$	CV
Самцы	24	4–11	9.93 ± 0.71	15.18
Самки	20	5–12	10.12 ± 0.52	19.23
Гермафродиты	15	4–10	9.65 ± 0.88	13.44

Табл. 2

Частота сердцебиения (уд./мин) у *A. anatina* под влиянием на нее биотических нагрузок

Материал	Биотическая нагрузка	<i>n</i>	lim	$M \pm m$	CV
Самцы	«Жаберная беременность»	29	3–10	9.01 ± 0.63	17.70
Гермафродиты	«Жаберная беременность»	17	4–11	9.49 ± 0.22	14.33
Самцы	Личинки горчака	23	4–12	10.97 ± 0.16	15.19
Самки	Личинки горчака	31	3–13	11.92 ± 0.49	19.78
Гермафродиты	Личинки горчака	13	5–12	10.49 ± 0.37	16.16
Самки	«Жаберная беременность» и личинки горчака	20	4–11	9.19 ± 0.68	18.33

Результаты и их обсуждение

В контрольном опыте были представлены три группы животных (табл. 1), не подвергавшихся действию на них биотических нагрузок. Статистически достоверных различий по частоте сердцебиения между ними не выявлено.

Оказалось, что как средний результат, так и крайние значения по обсуждаемому показателю, полученные для контрольной группы *A. anatina*, не отличаются по своим значениям от таковых, зарегистрированных ранее для иных видов рода *Anodonta* [9, 13, 14]. Очень близки значения этого показателя, установленные и для каждой из трех исследованных групп беззубок.

Иная картина наблюдается в этом отношении в случае наличия у *A. anatina* тех или иных биотических нагрузок (табл. 2).

У самок *A. anatina* при наличии «жаберной беременности» отмечено статистически достоверное ($P > 99.9\%$) сокращение частоты сердцебиения, в то время как у гермафродитных особей этот показатель удерживается на уровне нормы. Мы полагаем, что сокращение частоты сердцебиения у «беременных» самок является следствием воздействия на них двух факторов. Прежде всего, это степень тяжести для беззубок биотической нагрузки в виде «жаберной беременности». Самки их откладывают яйца в находящиеся на жабрах марсупиальные сумки, изначально представленные тремя отдельными, расположенными в один ряд карманами, сливающимися воедино впоследствии. Из яйцеклеток формируются aberrantные личинки беззубок – глохидии. Плодовитость исследованных нами особей составляла 19.5–60 тыс. Степень заполнения марсупиев половыми продуктами у 55% особей была 100-процентной, у 30% составляла 3/4 их объема, у 10% – половину, у 5% – около 1/4 его. Средний результат по частоте сердцебиения, полученный для такой выборки, свидетельствует о том, что «жаберная беременность» высокого уровня для самок *A. anatina* является серьезной функциональной нагрузкой. На это указывает значительное снижение уровня их

общего метаболизма, проявлением которого является развитие у «беременных» особей ярко выраженной брадикардии.

Другой фактор, способствующий развитию брадикардии, – это ослабление организма самок за период зимовки. У *A. anatina*, как и у всех иных видов подсемейства Anodontinae, репродуктивный цикл трехфазный (две фазы осенние и одна весенняя). Наш материал был собран тогда, когда эти животные пребывали на третьей его фазе, то есть марсупии их были заполнены сформированными глохидиями, готовыми к выметыванию в процессе нереста. Последнему же предшествовал длительный неблагоприятный для этих животных период гибернации. Это не могло не сказаться на частоте сердцебиения «беременных» самок.

Отсутствие сдвигов по обсуждаемому показателю у гермафродитов становится понятным после выяснения степени выраженности у них «жаберной беременности». Заполнение марсупиев половыми продуктами у 14.1% их составило 3/4 их объема, у 35.5% – около половины, а у 50.4% – 1/4 его. Тяжесть этой биотической нагрузки оказалась для гермафродитных особей значительно меньшей, чем для «беременных» самок, в связи с чем при прочих равных условиях они оказались в более выгодном положении, что и отразилось соответственным образом на полученном результате исследования.

Обычными эпиойками перловицевых являются личинки горчака – небольшой рыбки семейства карповых (Cyprinidae), самки которой выметывают икру в их мантийную полость. Развивающиеся из нее весьма быстро растущие личинки локализуются на водяных трубочках как внутренних (чаще), так и наружных пластинок жаберного аппарата их хозяев. При высокой степени заселения жабер эти эпиойки сдавливают филаменты жаберных пластинок, а в наиболее тяжелых случаях разрушают покрывающий их мерцательный эпителий, препятствуя тем самым нормальному осуществлению газообмена. Степень выраженности этих нарушений напрямую зависит от интенсивности заселения личинками горчака жабер их хозяев. У имевшихся в нашем распоряжении *A. anatina* этот показатель составлял 14–59 экз. В каждой из исследованных групп животных при этом преобладали особи с 14–26 экз. эпиойков. У таких *A. anatina* отмечено статистически достоверное возрастание частоты сердцебиения ($P > 99.9\%$). Развитие у них тахикардии – это, скорее всего, проявление защитно-приспособительного процесса, направленного на усиление работы поврежденного эпиойками их жаберного аппарата. У единичных особей с 40–50 экз. эпиойков на фоне обширных повреждений жаберных пластинок отмечена отчетливая брадикардия (у самцов – 3–6, у самок – 4–7 уд./мин), что указывает на подавление защитных способностей их организма из-за развившегося патологического процесса, обусловленного разрушением тканей жаберных пластинок. У «беременных» самок в 95% случаев личинки горчака были выявлены на внутренних полужабрах и в небольшом количестве (1–7 экз.). Степень заполнения марсупиев половыми продуктами у 47% из них была полной, у 36% составляла 3/4 их объема, у 11% – половину, у 6% – меньше 1/4 его. Частота сердцебиения у этой группы *A. anatina* оставалась на таком же уровне, как и у «беременных» самок.

Табл. 3

Частота сердцебиения (уд./мин) у *A. anatina* при инвазии трематодой *Rh. complanata*

Материал	Биотическая нагрузка	<i>n</i>	lim	$M \pm m$	CV
Самцы	<i>Rh. complanata</i> *	39	5–12	10.07 ± 0.69	18.6
Самки	<i>Rh. complanata</i> *	22	4–13	11.31 ± 0.42	21.01
Самки	<i>Rh. complanata</i> ***	18	3–7	6.26 ± 0.71	19.00
Самки	<i>Rh. complanata</i> и личинки горчака	11	4–11	9.20 ± 0.21	15.65
Самцы	<i>Rh. complanata</i> *	23	4–12	9.54 ± 0.81	18.17
Самцы	<i>Rh. complanata</i> **	17	4–13	10.86 ± 0.75	15.91
Самцы	<i>Rh. complanata</i> ***	12	3–8	5.98 ± 0.44	20.74
Гермафродиты	<i>Rh. complanata</i> ***	6	3–7	5.73 ± 0.51	19.33

Интенсивность инвазии: * – слабая, ** – умеренная, *** – высокая.

Весомой биотической нагрузкой для *A. anatina* зачастую является трематодная инвазия. В гонадах беззубок обнаружены спороцисты и церкарии брюхоротой (*Gastrostomata*) трематоды *Rh. complanata*. Метацеркарии ее локализуются обычно в тканях карповых рыб, а формирующиеся из них мариты являются кишечными паразитами хищных рыб [8]. Это весьма крупные черви. Размеры *Rh. complanata*, выявленных нами у *A. anatina* (мкм): длина тела церкарий – 265–513, длина хвоста – 501–3987, диаметр переднего органа – 62–75, длина спороцисты – 1338–1550, ее ширина – 176–208. Слабая инвазия (1–5 небольших очагов (1.5×3 мм) на гонаду) установлена у половины инвазированных особей. Частота сердцебиения у этих моллюсков сохранялась на уровне нормы (табл. 3).

Умеренная инвазия (поражение паразитами до 50% объема гонады) у всех групп исследованных животных сопровождалась тахикардией, что расцениваем как противопоставление патогенному влиянию паразитов защитных возможностей их хозяев, направленных на повышение физиологической активности последних. Следствием высокого уровня паразитарного поражения гонад *A. anatina* является развитие у них ярко выраженной стойкой брадикардии, являющейся свидетельством значительного снижения в таких условиях жизнестойкости этой группы животных.

Выводы

У латентных самцов, самок и гермафродитных особей *A. anatina*, свободных от эпиойков и паразитов, статистически достоверные различия по частоте сердцебиения отсутствуют.

Интенсивная «жаберная беременность» сопровождается развитием брадикардии у самок. У гермафродитов степень выраженности «жаберной беременности» значительно ниже, а посему и сердцебиение у них находится на уровне нормы.

Личинки горчака в количестве 14–26 экз. вызывают у этих моллюсков защитно-приспособительный процесс в форме тахикардии, способствуя тем самым повышению их жизнестойкости.

Слабая инвазия *A. anatina* трематодой *Rh. complanata* на частоте их сердцебиения не отражается. Реакцией моллюсков на умеренную инвазию является учащение их сердечного ритма. Тотальное поражение гонад сопровождается значительным сокращением частоты сердцебиения у всех подопытных животных.

Литература

1. Стадниченко А.П., Гирич В.К. Вплив біотичних чинників на ритм серцевих скорочень у перлівницевих (Bivalvia, Unionidae, Anodontinae) // Вісн. Львів. ун-ту. Сер. біол. – 2014. – Вип. 64. – С. 235–240.
2. Стадниченко А.П., Іваненко Л.Д. Малакобіота Українського Полісся та її зміни за умов антропогенного пресу // Вісн. Житомир. держ. ун-ту. – 2006. – Вип. 26. – С. 21–24.
3. Stadnychenko A.P., Shubrat Ju.V. Zagrożenie ślimaków i małży w Ukrainie // XXIV Krajowe seminarium malakologiczne. – Gdynia: Państw. Inst. geol., 2008. – S. 64.
4. Янович Л.М. Перлівницеві Unionidae Rafinesque 1820 (Bivalvia) в сучасних екологічних умовах України (стан популяцій, особливості статеві структури і розмноження, біоценологічні зв'язки та фауна): Автореф. дис. ... д-ра біол. наук – Київ, 2013. – 48 с.
5. Стадниченко А.П. Перлівницеві. Кулькові (Unionidae, Cycladidae). – Київ: Вид-во АН УРСР, 1984. – 382 с.
6. Мінюк М.С. Вплив обсихання на ритм серцевих скорочень у *Colletopterum piscinale* (Bivalvia, Unionidae) // Вісн. Житомир. пед. ун-ту. – 2002. – Вип. 10. – С. 156–158.
7. Васильєва Л.А. Перлівницеві Unionidae (Bivalvia) фауни України: алозімна й морфологічна мінливість: Автореф. дис. ... канд. біол. наук. – Київ, 2011. – 23 с.
8. Здун В.І. Личинки трематод в прісноводних молюсках України. – Київ: Вид-во АН УРСР, 1961. – 141 с.
9. Янович Л.М., Пампура М.М. Зараженість перлівницевих (Bivalvia: Unionidae) України трематодою *Rhipidocotyle illense* Ziegler, 1833 // Вісн. Львів. ун-ту. Сер. біол. – 2012. – Вип. 59. – С. 201–208.
10. Хлебович В.В. Акклимация животных организмов. – Л.: Наука, 1981. – 136 с.
11. Властов Б.В. Прижизненная диагностика пола у видов перловицевых (Unionidae), не имеющих внешних признаков диморфизма // Зоол. журн. – 1956. – Т. 35, Вып. 1. – С. 21–28.
12. Деркач М.П. Елементи статистичної обробки результатів біологічного експерименту. – Львів: Вид-во Львів. ун-ту. 1963. – 87 с.
13. Стадниченко А.П., Анистратенко В.В., Грабинская О.В., Мартынюк О.В., Мирошниченко О.А., Олейник Н.Г., Фасоля О.И. Зараженность перловицевых (Mollusca, Bivalvia, Unionidae) партенитами *Bucephalus polymorphus* (Trematoda) и воздействие паразитов на ритм сердечной деятельности хозяев // Паразитология. – 1994. – Т. 28, Вып. 2. – С. 124–130.
14. Стадниченко А.П., Гирич В.К., Іваненко Л.Д. Комплексна дія екологічних факторів на ритм серцевих скорочень у перлівницевих // Вісн. ЖНАЕУ. Біол. – 2009. – № 1. – С. 191–196.

Поступила в редакцію
14.03.16

Шимкович Елена Доминиковна, кандидат биологических наук, доцент, заведующая кафедрой естественных и физико-математических наук

Казанский (Приволжский) федеральный университет
ул. Кремлевская, д. 18, г. Казань, 420008, Россия
E-mail: EDShimkovich@kpfu.ru

Стадниченко Агнеса Поликарповна, доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой зоологии, биологического мониторинга и охраны природы

Житомирский государственный университет
ул. Большая Бердичевская, д. 40, г. Житомир, 10008, Украина
E-mail: Stadnychenko@yandex.ru

Янович Лариса Николаевна, доктор биологических наук, профессор кафедры зоологии, биологического мониторинга и охраны природы, проректор по учебной работе

Житомирский государственный университет

ул. Большая Бердичевская, д. 40, г. Житомир, 10008, Украина

E-mail: yanovichzt@ukr.net

ISSN 1815-6169 (Print)

ISSN 2500-218X (Online)

UCHENYE ZAPISKI KAZANSKOGO UNIVERSITETA. SERIYA ESTESTVENNYE NAUKI

(Proceedings of Kazan University. Natural Sciences Series)

2016, vol. 158, no. 2, pp. 239–246

The Influence of Biotic Stresses on the Heart Rate of Duck Mussels (Mollusca, Bivalvia, Unionidae, Anodontinae)

E.D. Shimkovich^{a*}, A.P. Stadnychenko^{b**}, L.N. Yanovich^{b***}

^aKazan Federal University, Kazan, 420008 Russia

^bZhytomir Ivan Franko State University, Zhytomir, 10008 Ukraine

E-mail: *EDShimkovich@kpfu.ru, **Stadnychenko@yandex.ru, ***yanovichzt@ukr.net

Received March 14, 2016

Abstract

The paper deals with the influence of “gill pregnancy”, the presence of epioiks (larvae of the European bitterling *Rhodeus sericeus amarus* (Bloch, 1782)) and endoparasites (sporocysts and cercariae of the trematode *Rhipidocotyle companula* Dujardin, 1845), on the heart rate of the duck mussel *Anodonta anatina* (Linnaeus, 1758). The results of investigations show that biotic stresses, depending on the level of their expressiveness, put a pressure on the organism of *A. anatina*, thereby influencing its status, especially in what concerns the heart rate. Intensive “gill pregnancy”, high infestation level of the gills by epioiks, and total colonization of the gonads by parasites result in the development of bradycardia. The moderate influence of these factors on the mollusks is accompanied by tachycardia, which is a defense response aimed to support the viability of these animals at the optimal level.

Keywords: *Anodonta anatina*, “gill pregnancy”, European bitterling larvae, *Rhipidocotyle companula* trematode, heart rate

References

1. Stadnychenko A.P., Girin V.K. The influence of biotic factors on heart contractions rhythm in Lamellibranchia mollusks (Bivalvia, Unioninae, Anodontinae). *Visn. L'viv Univ., Ser. Biol.*, 2014, vol. 64, pp. 235–240. (In Ukrainian)
2. Stadnychenko A.P., Ivanenko L.D. Malacobiota of Ukrainian forest area and its modification under the conditions of anthropogenic pressure. *Visn. Zhytomir. Derzh. Univ. im. I. Franka*, 2006, vol. 26, pp. 21–24. (In Ukrainian)
3. Stadnychenko A.P., Shubrat Ju.V. Threats to gastropods and bivalves in Ukraine. *XXIV State Malacological Seminar*. Gdynia, Polish Geol. Inst., 2008, p. 64. (In Polish)
4. Yanovich L.M. Unionidae Rafinesque, 1820 (Bivalvia) under the environmental conditions of Ukraine (state of populations, characteristics of the reproductive structure and reproduction, biocenotical relations and fauna). *Extended Abstract of Doctoral Biol. Sci. Diss.* Kiev, 2013. 48 p. (In Ukrainian)
5. Stadnychenko A.P. Unionids. Cycladids (Unionidae. Cycladidae). Kiev, Vyd. Akad. Nauk URSS, 1984. 382 p. (In Ukrainian)
6. Minyuk M.E. The effect of aerial exposure on the heart rate of *Colletopterum piscinale* (Bivalvia: Unionidae). *Visn. Zhytomir Derzh. Pedagog. Univ. im. I. Franka*, 2002, vol. 10, pp. 156–158. (In Ukrainian)

7. Vasilyeva L.A. Unionidae (Bivalvia) in the fauna of Ukraine: allozymic and morphological variability. *Extended Abstract of Cand. Biol. Sci. Diss.* Kiev, 2011. 23 p. (In Ukrainian)
8. Zdun V.I. Trematode Larvae in Freshwater Mollusks of Ukraine. Kiev, Vyd. Akad. Nauk URSR, 1961. 141 p. (In Ukrainian)
9. Yanovych L.M., Pampura M.M. Infection of unionids (Bivalvia: Unionidae) of Ukraine by trematodes *Rhipidocotyle illense* Ziegler, 1883. *Visn. L'viv Univ., Ser. Biol.*, 2012, vol. 59, pp. 201–208. (In Ukrainian)
10. Khlebovich V.V. Acclimation of Animals. Leningrad, Nauka, 1981. 136 p. (In Russian)
11. Vlastov B.V. Intravital diagnosis of sex in unionid species (Unionidae) with no outward signs of dimorphism. *Zool. Zh.*, 1956, vol. 35, no. 1, pp. 21–28. (In Russian)
12. Derkach M.P. Elements of Statistical Processing of the Results of the Biological Experiment. Lviv, Vyd. Lviv Univ., 1963. 87 p. (In Ukrainian)
13. Stadnichenko A.P., Anistratenko V.V., Grabinskaya O.V., Martynyuk O.V., Miroshnichenko O.A., Oleynik N.G., Sergeychuk S.A., Fasola O.I. The infection of unionid mussels (Mollusca: Bivalvia: Unionidae) with parthenites *Bucephalus polymorphus* (Trematoda) and effect of the parasites on the host heart activity. *Parazitologiya*, 1994, vol. 28, no. 2, pp. 124–130. (In Russian)
14. Stadnychenko A.P., Gyryn V.K., Ivanenko L.D. The complex effect of ecological factors on the beating of unionid mollusks (Mollusca: Bivalvia: Unionidae). *Visn. ZHNAEU, Biol.*, 2009, no. 1, pp. 191–196. (In Ukrainian)

⟨ **Для цитирования:** Шимкович Е.Д., Стадниченко А.П., Янович Л.Н. Влияние биотических нагрузок на сердцебиение беззубки (Mollusca, Bivalvia, Unionidae, Anodontinae) // Учен. зап. Казан. ун-та. Сер. Естеств. науки. – 2016. – Т. 158, кн. 2. – С. 239–246. ⟩

⟨ **For citation:** Shimkovich E.D., Stadnychenko A.P., Yanovich L.N. The influence of biotic stresses on the heart rate of duck mussels (Mollusca, Bivalvia, Unionidae, Anodontinae). *Uchenye Zapiski Kazanskogo Universiteta. Seriya Estestvennye Nauki*, 2016, vol. 158, no. 2, pp. 239–246. (In Russian) ⟩